UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Faculdade de Engenharia
Departamento de Engenharia Eletromecânica

FERRAMENTA COMPUTACIONAL COOL-OP

Pedro Dinis Gaspar

Pedro Dinho da Silva

Luís Pinto de Andrade

José Nunes

Covilhã e UBI, Agosto de 2014

Índice

1. Enquadramento

O projeto-âncora “InovEnergy – Eficiência Energética no Sector Agroindustrial” COMPETE - SIAC - AAC nº 01/SIAC/2011 - nº 18642) é incluído no Eixo Estratégico II - Plataformas para a Inovação e Intermediação e Transferência da operacionalização da Estratégia de Eficiência Coletiva pela qual se rege o InovCluster - Cluster Agroindustrial do Centro.

Os objetivos primordiais do projeto InovEnergy envolvem:

(1) Caracterização de unidades Industriais utilizadoras de Frio e desenvolvimento de soluções que promovam a melhoria da sua eficiência energética através dos seguintes objetivos específicos;

(2) Efetuar o levantamento e a caracterização do conjunto de unidades agroindustriais da região que utilizam sistemas de frio nas suas atividades;

(3) Caracterização energética das empresas utilizadoras de Frio;

(4) Desenvolvimento de uma metodologia de análise que, com base na caracterização de uma dada empresa, permita a sua caracterização em termos de eficiência energética, com base no desenvolvimento de um algoritmo previsional;

(5) Desenvolvimento de soluções que promovam a melhoria da sua eficiência energética.

O presente manual descreve a utilização e aplicação da ferramenta computacional: COOL-OP (*Cooling Optimization Program*) destinada à simulação do desempenho de indústrias agroalimentares, identificação dos perfis de consumo energético das unidades industriais e promoção da aplicação de ações que contribuam para uma melhoria da eficiência energética e competitividade do setor.

2. Introdução

O processamento e conservação de alimentos são pilares fundamentais para a sustentabilidade do planeta, dado o crescimento significativo da população mundial verificado nas décadas passadas e previsões para o futuro. Segundo a ONU, a população humana rondava em 2000 os 6,1 milhares de milhões. Estudos apontam para que a população mundial atingirá em 2050, cerca de 10,6 milhares de milhões, representando um crescimento de 74% em 50 anos.

Para conservar os alimentos, i.e. sejam preservadas as suas propriedades organoléticas e nutritivas, são atualmente utilizados os sistemas de frio industrial, por forma a assegurar o fornecimento de alimentos, a respetiva qualidade e segurança na ingestão. Cerca de 40% dos produtos alimentares produzidos no mundo necessitam de refrigeração para sua conservação a longo prazo.

Existem duas formas de conservação de alimentos a baixas temperaturas. Num deles pretende armazenar-se alimentos a temperaturas próximas de 0 ºC para que estes estejam aptos a ser consumidos. E outro em que os alimentos são armazenados a temperaturas negativas com a finalidade de aumentar o tempo de vida útil dos mesmos e possam ser consumidos fora da sua época normal, sendo este tipo de conservação denominado de congelamento.

Os sistemas de refrigeração são grandes consumidores de energia elétrica. Cerca de 15% do consumo mundial de eletricidade é gasto em refrigeração.

Pretende-se com esta ferramenta computacional de análise, a *Cool-OP* (*Cooling Optimization Program*), simular o desempenho de indústrias agroalimentares, identificar os perfis de consumo energético das unidades industriais e promover a aplicação de ações que contribuam para uma melhoria da eficiência energética e competitividade do setor.

A *Cool-OP* tem por base correlações analíticas obtidas através da recolha de dados realizada durante visitas a empresas do setor agroindustrial, no âmbito do projeto InovEnergy. Estas correlações representam o comportamento

médio, numa perspetiva energética, as diversas fileiras do setor agroindustrial Português.

Trata-se de uma ferramenta de apoio à tomada de decisões estratégicas, a nível empresarial, e que permite perspetivar o desempenho energético de uma empresa utilizadora de frio, para que seja possível apontar soluções que conduzam a uma melhoria efetiva da eficiência energética.

Esta ferramenta não visa a caracterização individual das várias unidades utilizadoras de frio no seu processo produtivo, mas sim a caracterização por fileira, nomeadamente a fileira das carnes, do peixe, dos lacticínios, dos hortofrutícolas, do vinho e vinha e da distribuição, por forma a obter dados reais que possam servir de *input* ao modelo/algoritmo.

A quantidade de matéria-prima, o consumo anual de energia, o volume das câmaras de refrigeração e a potência nominal dos compressores foram os indicadores utilizados na formulação das correlações analíticas aplicadas no desenvolvimento da ferramenta computacional *Cool-OP*.

A ferramenta computacional *Cool-OP* foi desenvolvida utilizando o *software MATLAB*, através do *GUIDE (Graphical User Interface Design Environment)*, o que permitiu a criação de um programa interativo, intuitivo e de fácil utilização, permitindo que qualquer utilizador visualize o estado atual da sua empresa em termos de consumo energético, recebendo sugestões para que conduzam à redução do mesmo.

3. Utilização

Na Figura 1 é possível visualizar sob a forma de um esquema, o encadeamento das janelas da ferramenta computacional *Cool-OP*.

Figura 1 – Encadeamento das janelas da ferramenta computacional *Cool-OP*.

De seguida são apresentadas todas as janelas e/ou detalhado todo o processo de utilização da ferramenta *Cool-OP*.

3.1. Início

No momento em que a ferramenta computacional *Cool-OP* é iniciada, aparece no ecrã a janela presente na Figura 2, a janela *Início*.

Esta janela contém uma breve descrição sobre a ferramenta computacional, informando o utilizador sobre as suas funções e a informação necessária à simulação.

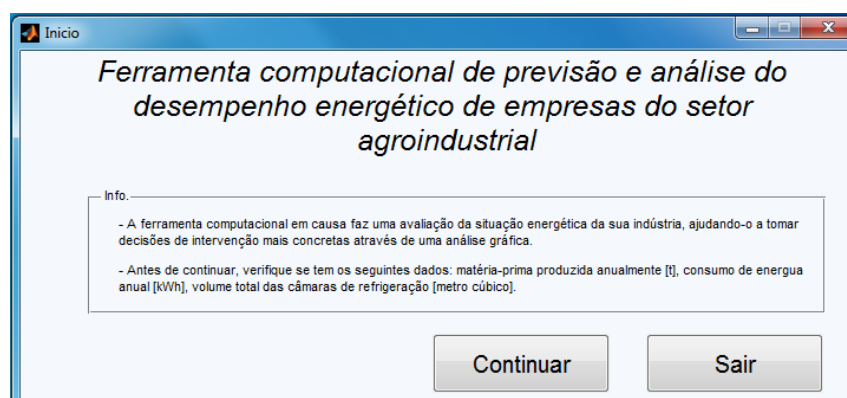



Figura 2 - Janela *Início* da ferramenta computacional.

Nesta janela o utilizador pode optar pelas seguintes opções:

- *Continuar*: permite ao utilizador continuar para a janela seguinte, neste caso, aceder à janela *Menu*;
- *Sair*: a ferramenta computacional é encerrada.

Durante todos os passos da ferramenta computacional existe a opção *Sair*.

3.2. Menu

Na janela *Menu* é possível selecionar a tipologia em que se enquadra a empresa em estudo: (ver Figura 3)

- Indústria das carnes;
- Indústria do peixe;
- Indústria dos hortofrutícolas;
- Indústria dos lacticínios;
- Distribuição;
- Indústria dos vinhos.

Figura 3 - Janela do *Menu*.

3.2.1. Menu Subcategorias

Após selecionada a tipologia da empresa em estudo, é aberta a janela *Menu Subcategorias* que contém as diversas subcategorias existentes no setor escolhido.

Na Figura 4, podem observar-se sob a forma esquemática de uma árvore de menus, as diferentes subcategorias existentes em cada setor.

Nas indústrias do peixe, vinhos e distribuição não existem subcategorias, passando o utilizador diretamente da janela *Menu* para a janela *Inserir Dados*.

A partir da janela *Menu Subcategorias* o utilizador tem acesso à opção *Voltar*. Esta opção permite ao utilizador em qualquer momento voltar à janela *Menu*, janela em que é realizada a escolha da tipologia da indústria em estudo. Este comando é bastante útil, caso o utilizador tenha errado a tipologia que mais se adequa ao caso em estudo.

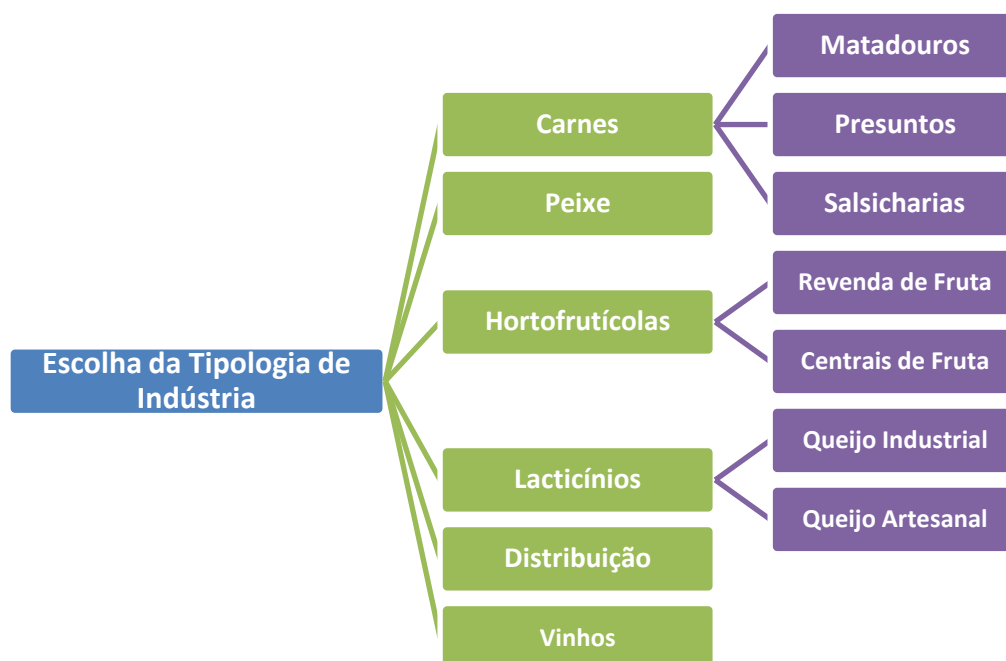



Figura 4 - Árvore de Menus representativa das diferentes subcategorias existentes em cada setor.

Na Figura 5 podem observar-se as janelas correspondentes às subcategorias existentes nos setores das *carnes*, *hortofrutícolas* e *lacticínios*.

Figura 5 - Janelas correspondentes às subcategorias existentes nos setores das *carnes*, *hortofrutícolas* e *lacticínios*.

3.3. Introdução de Dados

Após o enquadramento da empresa em estudo, realizado nas janelas *Menu* e *Menu Subcategorias*, é aberta a janela *Inserir Dados* (ver Figura 6, exemplo para o caso dos matadouros, indústria das carnes).

Figura 6 - Janela *Inserir Dados* (exemplo para o caso dos matadouros, indústrias das carnes).

Através desta janela são introduzidos os valores numéricos dos parâmetros, através dos quais a empresa vai ser avaliada para determinar o seu desempenho energético.

Na introdução de valores numéricos, as casas decimais devem ser separadas das unidades por um ponto final "." (por exemplo: 452.6).

Na Tabela 1 podem observar-se os parâmetros a introduzir e respetivas unidades.

Tabela 1 – Parâmetros a introduzir na janela *Inserir Dados* e respetivas unidades.

Grandeza	Unidade
Quantidade de matéria-prima processada por ano	Toneladas/ano
Consumo de energia elétrica por ano	MWh/ano
Volume total das câmaras de refrigeração (ou volume total das cubas para o caso da fileira dos vinhos)	m^3

Note-se que o parâmetro do consumo anual de energia contabiliza não só a energia consumida para a refrigeração ou processamento dos produtos, mas também os restantes gastos da empresa (iluminação, entre outros).

Uma vez que as correlações que incorporam o programa foram desenvolvidas com base em valores reais recolhidos em empresas, torna-se imperativo definir o domínio de cada parâmetro para que o resultado seja válido. As restrições de domínio para a utilização da ferramenta computacional encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2 - Limites de validade das correlações, i.e., restrições de domínio para a utilização da ferramenta computacional.

Indústria		Matéria-prima [ton/ano]		Consumo elétrico [MWh/ano]		Volume das câmaras [m^3]	
		Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Carnes	Matadouros	160.6	44645.7	81.7	3451.6	362.2	12489.6
	Presuntos Salsicharias	25.0	4775.3	4.2	3379.0	45.0	12489.6
Hortofrutícolas	Revenda de Fruta	120.0	28318.3	19.6	1624.1	384.0	24626.3
	Centrais de Fruta	28.1	32000.0	2.1	2330.4	141.5	52335.6
Lacticínios		12.0	24152.0	6.6	4032.0	36.0	10033.0
Peixe		16.5	7500.0	3.0	2088.5	18.4	12304.4
Distribuição		8.0	64040.9	6.5	1828.6	1.4	14558.2
Vinhos		36.4	15416.0	0.9	2799.5	20.0	12933.9

Caso o utilizador falhe a escolha da tipologia da sua empresa, pode voltar à janela *Menu* através da opção *Voltar*.

Novamente, através da opção *Sair*, o utilizador encerra a ferramenta computacional.

Através da opção *Limpar*, o utilizador pode limpar todos os campos de introdução de dados e voltar a introduzir novos dados.

A janela *Inserir Dados* é semelhante para as restantes tipologias de indústrias escolhidas, isto é, solicitando sempre os mesmos dados.

Após a introdução correta dos dados (respeitando as unidades do sistema) deve ser selecionada a opção *Iniciar Simulação*, para que o utilizador tenha acesso aos resultados que sumarizam o estado energético atual da empresa.

3.4. Resultados

Na janela *Resultados* (ver Figura 7) são apresentados os resultados sob a forma de gráficos. Estes relacionam os diversos parâmetros de avaliação da empresa. No total, são gerados seis gráficos:

- Consumo de energia elétrica Vs. Matéria-prima;
- Potência dos compressores Vs. Matéria-prima;
- Volume total das câmaras de refrigeração Vs. Matéria-prima;
- Consumo específico de energia;
- Consumo de energia elétrica Vs. Volume total das câmaras de refrigeração;

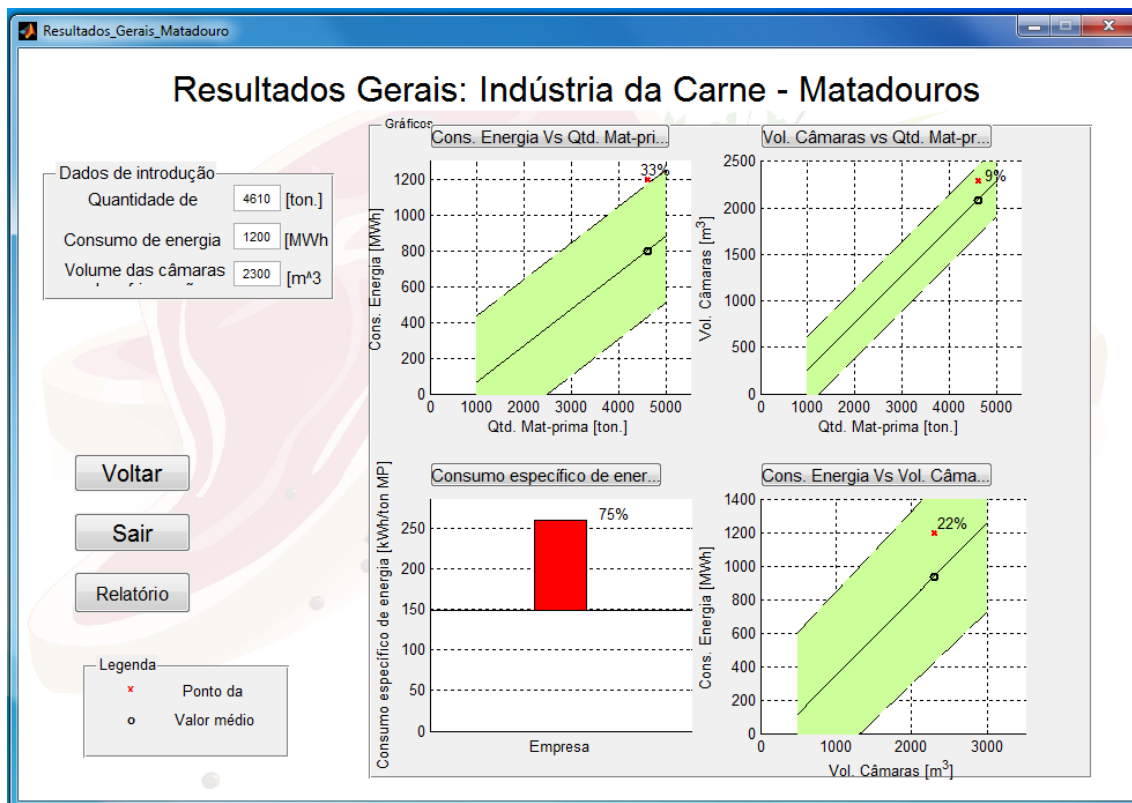



Figura 7 - Janela *Resultados* com um exemplo de simulação.

O sombreado a verde nos gráficos representa o intervalo de confiança de 95%, tendo em conta os valores estatísticos utilizados para criar as correlações.

É também apresentado em cada um dos gráficos, o valor percentual do desvio do ponto de funcionamento da empresa face ao valor da média nacional portuguesa para a fileira em questão.

No lado superior esquerdo da janela *Resultados*, encontra-se o quadro de dados introduzidos na simulação.

No lado esquerdo inferior desta janela, encontram-se as opções *Nova Simulação*, *Menu*, *Sair* e *Relatório*.

A opção *Nova Simulação* conduz o utilizador de volta à janela *Introdução de Dados* para que este possa executar uma nova simulação, através da introdução de novos dados.

Por sua vez, a opção *Menu* conduz o utilizador à janela *Menu* e a opção *Sair*, permite ao utilizador abandonar a ferramenta computacional.

A opção *Relatório* permite ao utilizador aceder à janela *Relatório de Desempenho Energético* da empresa.

Caso o utilizador pretenda analisar um gráfico em particular, é possível clicando no título do mesmo.

3.4.1. Gráficos de Pormenor

Ao clicar no título de um gráfico presente na janela *Resultados*, o utilizador tem acesso a uma nova janela – *Gráficos de* Pormenor, onde o gráfico é exibido com uma maior resolução para que o utilizador consiga ler os resultados mais facilmente (ver Figura 8).

Para além disso, é ainda possível guardar ou imprimir o gráfico gerado, através das opções que se encontram no canto superior esquerdo (circundado a vermelho na Figura 8).

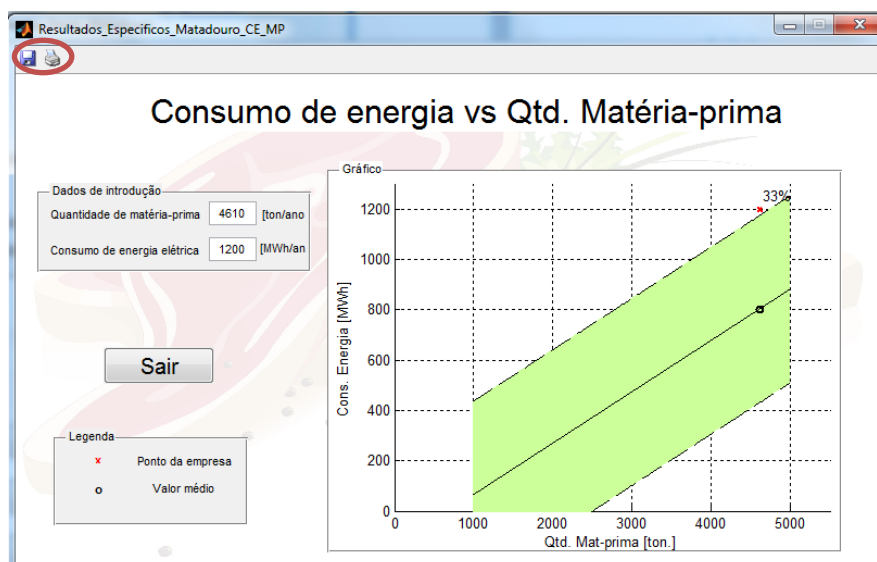



Figura 8 - Exemplo de caso específico para um matadouro. Pormenor do gráfico Consumo de Energia vs. Matéria-prima.

No gráfico exibido, o valor teórico ideal obtido através da média nacional para a fileira é assinalado a preto com ‘o’ e o ponto de análise da empresa é assinalado a vermelho com ‘x’.

3.5. Relatório de Desempenho Energético

A janela *Relatório de Desempenho Energético* apresenta sob a forma de texto algumas das conclusões lidas através dos gráficos criados anteriormente, com destaque para o gráfico mais conclusivo, o correspondente ao consumo específico de energia que relaciona a quantidade de matéria-prima com o consumo de energia elétrica.

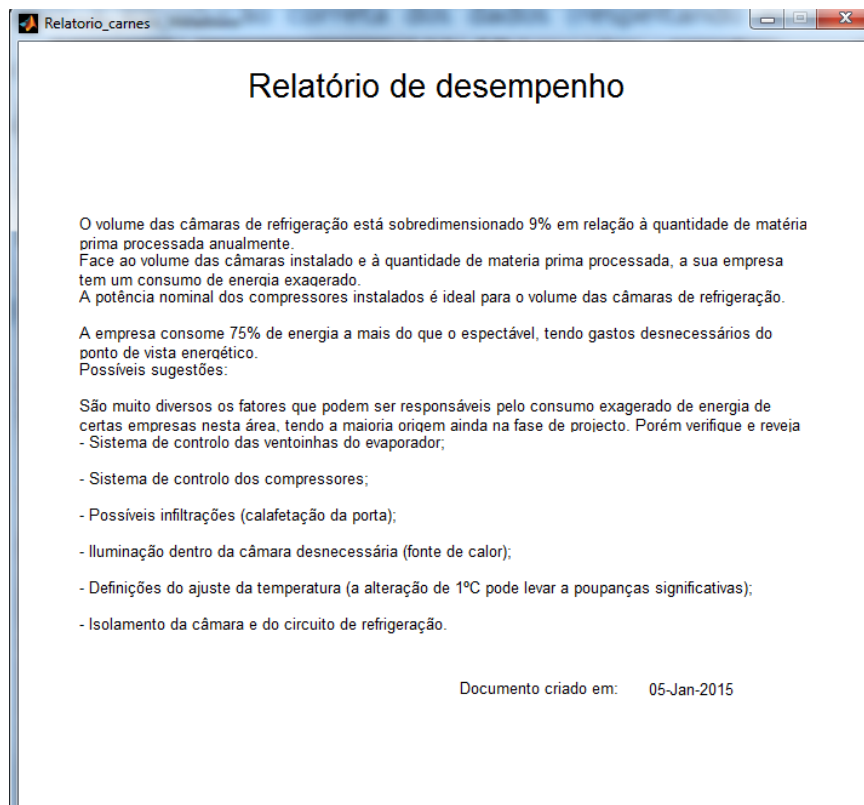



Figura 9 - Relatório de desempenho energético gerado pela ferramenta computacional *Cool-OP*.

Sempre que um *Relatório de Desempenho Energético* é gerado, a *Cool-OP* aponta possíveis sugestões de melhoria a implementar com vista a maximizar a eficiência energética da empresa.

No final, cabe ao utilizador da *Cool-OP* ter sensibilidade para avaliar e identificar quais as ineficiências existentes na sua empresa, uma vez que cada caso é um caso, com base nas sugestões fornecidas.

4. Casos de estudo

São agora apresentados doze casos de estudo (correspondendo a duas empresas de cada fileira), de forma a exemplificar a aplicação da ferramenta computacional *Cool-OP*.

Convêm apenas relembrar que os dados utilizados dizem respeito a empresas reais, tendo sido recolhidos em trabalho de campo realizado no âmbito do Projeto InovEnergy.

4.1. Fileira das carnes

Na fileira das carnes são analisadas duas empresas:

- No Caso 1 - um matadouro;
- No Caso 2 - um estabelecimento de produção de presunto.

Os dados referentes a estas duas empresas encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3 - Dados referentes às empresas em estudo da fileira das carnes.

Caso de estudo	Matéria-prima [ton/ano]	Consumo elétrico [MWh/ano]	Volume das câmaras [m^3]
1	922.7	365.6	362.2
2	2029.5	1662.1	6640.0

Após inserir os dados na ferramenta computacional é gerada uma janela de resultados e outra com o relatório de desempenho energético, para os diferentes casos em estudo.

4.1.1. Caso 1

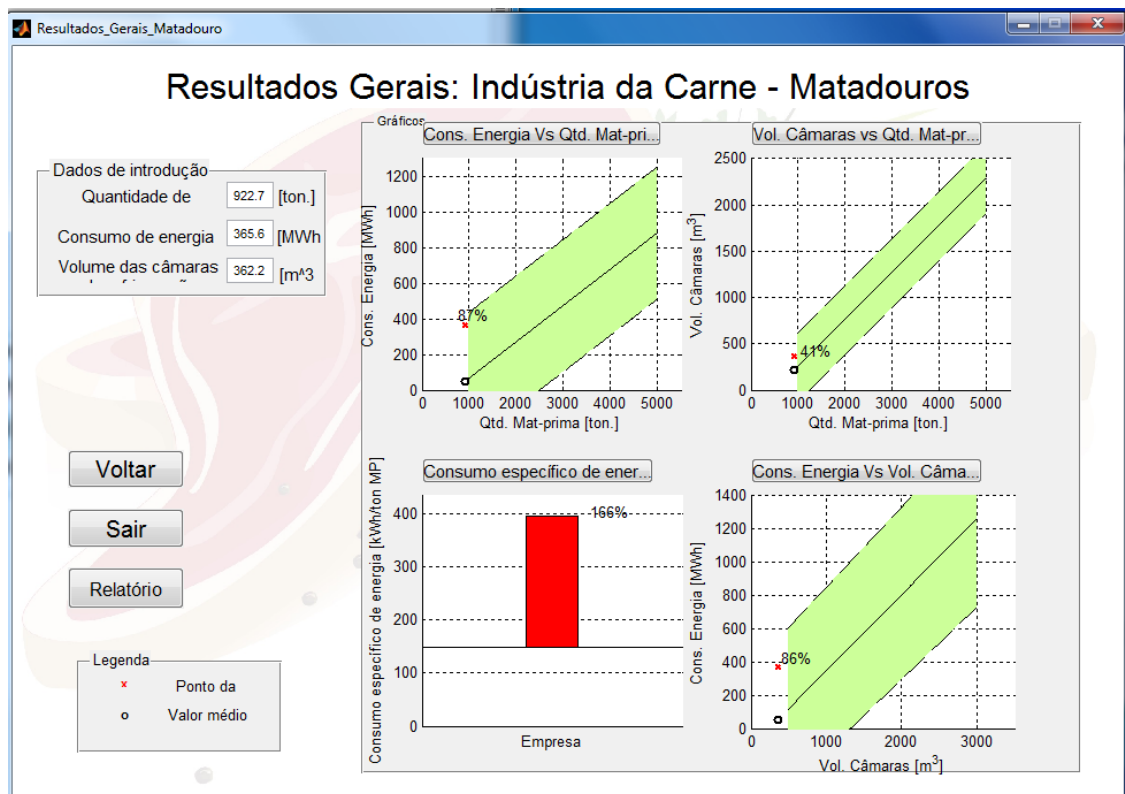



Figura 10 - Janela de resultados para o Caso 1 em estudo da fileira das carnes.

Relatorio_carnes

Relatório de desempenho

O volume das câmaras de refrigeração está sobredimensionado 41% em relação à quantidade de matéria prima processada anualmente.
Face ao volume das câmaras instalado e à quantidade de materia prima processada, a sua empresa tem um consumo de energia exagerado.
A potência nominal dos compressores instalados é ideal para o volume das câmaras de refrigeração.

A empresa consome 166% de energia a mais do que o espectável, tendo gastos desnecessários do ponto de vista energético.
Possíveis sugestões:

São muito diversos os fatores que podem ser responsáveis pelo consumo exagerado de energia de certas empresas nesta área, tendo a maioria origem ainda na fase de projecto. Porém verifique e reveja
- Sistema de controlo das ventoinhas do evaporador;

- Sistema de controlo dos compressores;

- Possíveis infiltrações (calafetação da porta);

- Iluminação dentro da câmara desnecessária (fonte de calor);

- Definições do ajuste da temperatura (a alteração de 1ºC pode levar a poupanças significativas);

- Isolamento da câmara e do circuito de refrigeração.

Documento criado em: 06-Jan-2015

Figura 11 – Janela do relatório de desempenho energético para o Caso 1 em estudo da fileira das carnes.

4.1.2. Caso 2

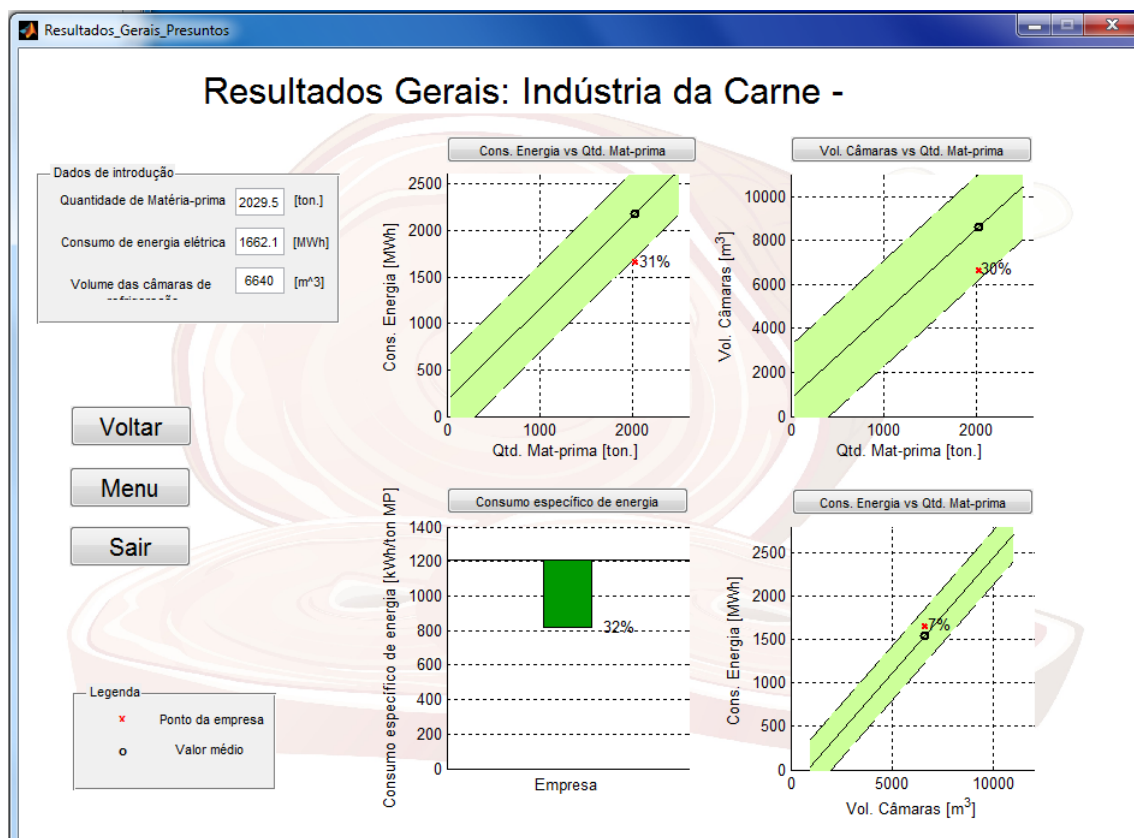



Figura 12 - Janela de resultados para o Caso 2 em estudo da fileira das carnes.

4.2. Fileira do peixe

Na fileira do peixe são analisadas duas empresas. Os dados referentes a estas duas empresas encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4 - Dados referentes às empresas em estudo da fileira do peixe.

Caso de estudo	Matéria-prima [ton/ano]	Consumo elétrico [MWh/ano]	Volume das câmaras [m^3]
1	1500.0	584.0	2007.4
2	350.0	245.0	187.2

Após inserir os dados na ferramenta computacional é gerada uma janela de resultados e outra com o relatório de desempenho energético, para os diferentes casos em estudo:

4.2.1. Caso 1

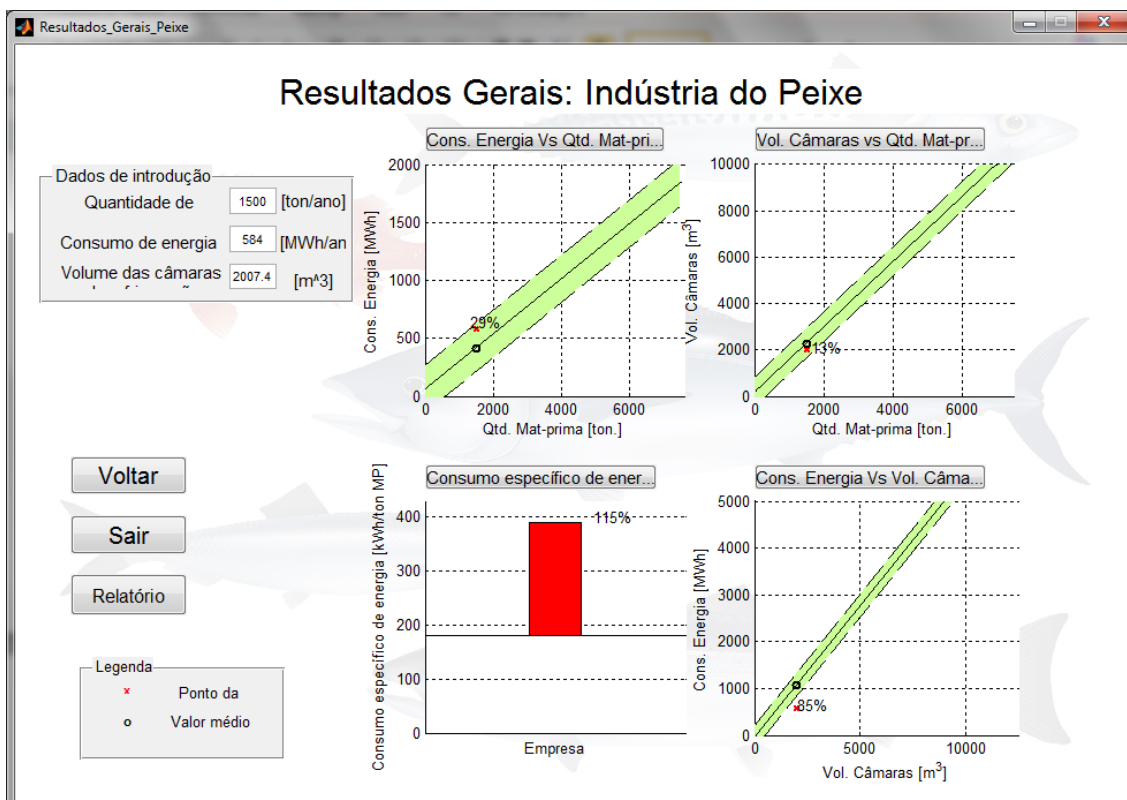



Figura 13 - Janela de resultados para o Caso 1 em estudo da fileira do peixe.

4.2.2. Caso 2

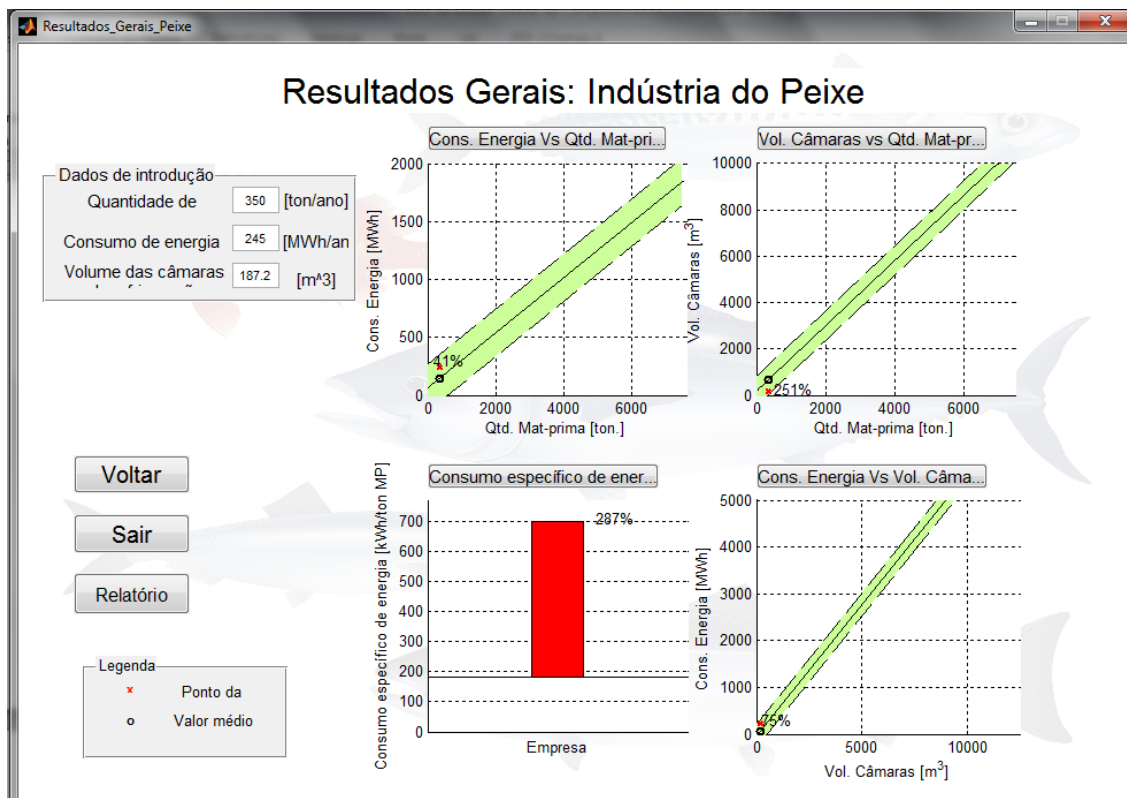



Figura 14 - Janela de resultados para o Caso 2 em estudo da fileira do peixe.

4.3. Fileira dos lacticínios

Na fileira dos lacticínios são analisadas duas empresas, ambas aplicando o processo de fabrico artesanal. Os dados referentes a estas duas empresas encontram-se na Tabela 5.

Tabela 5 - Dados referentes às empresas em estudo da fileira dos lacticínios.

Caso de estudo	Matéria-prima [ton/ano]	Consumo elétrico [MWh/ano]	Volume das câmaras [m^3]
1	1176.7	432.3	1166.9
2	140.0	36.4	165.6

Após inserir os dados na ferramenta computacional é gerada uma janela de resultados e outra com o relatório de desempenho energético, para os diferentes casos em estudo.

4.3.1. Caso 1

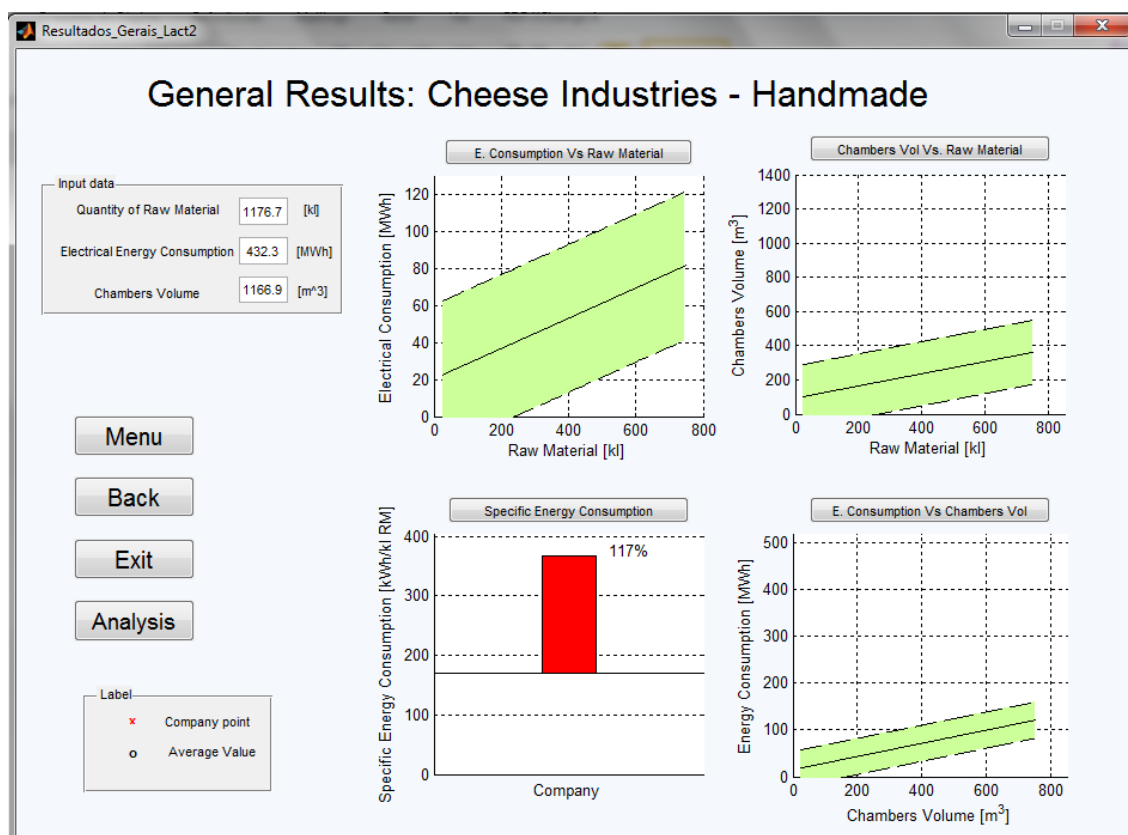



Figura 15 - Janela de resultados para o Caso 1 em estudo da fileira dos lacticínios.

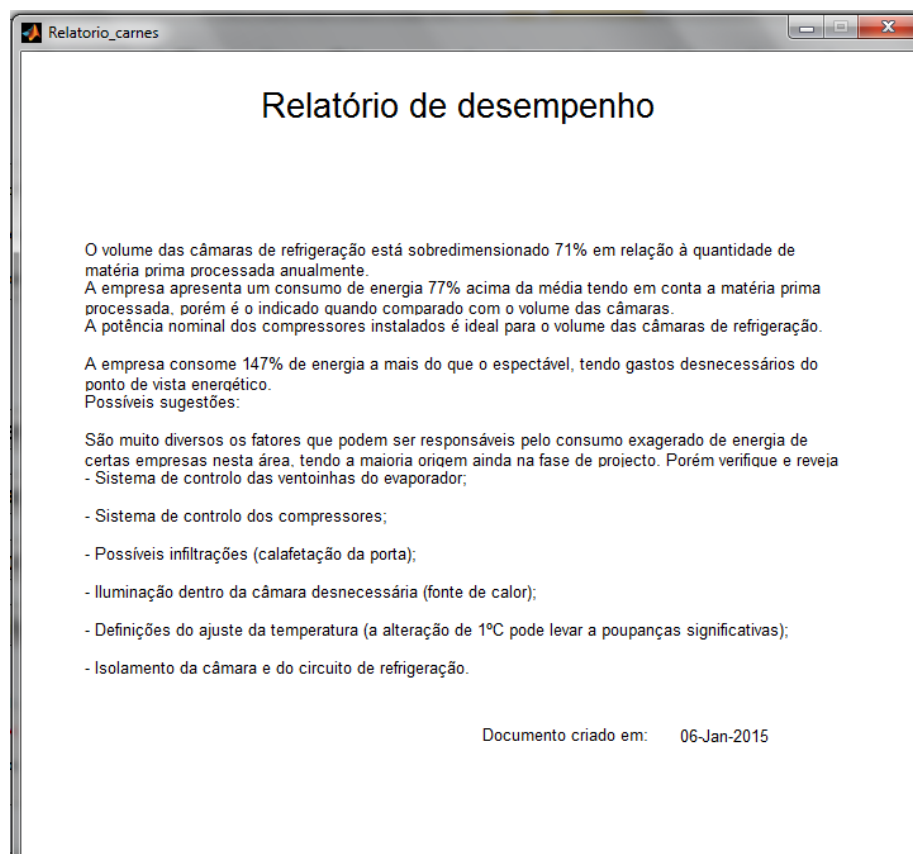



Figura 16 - Janela do relatório de desempenho energético para o Caso 1 em estudo da fileira dos lacticínios.

4.3.2. Caso 2

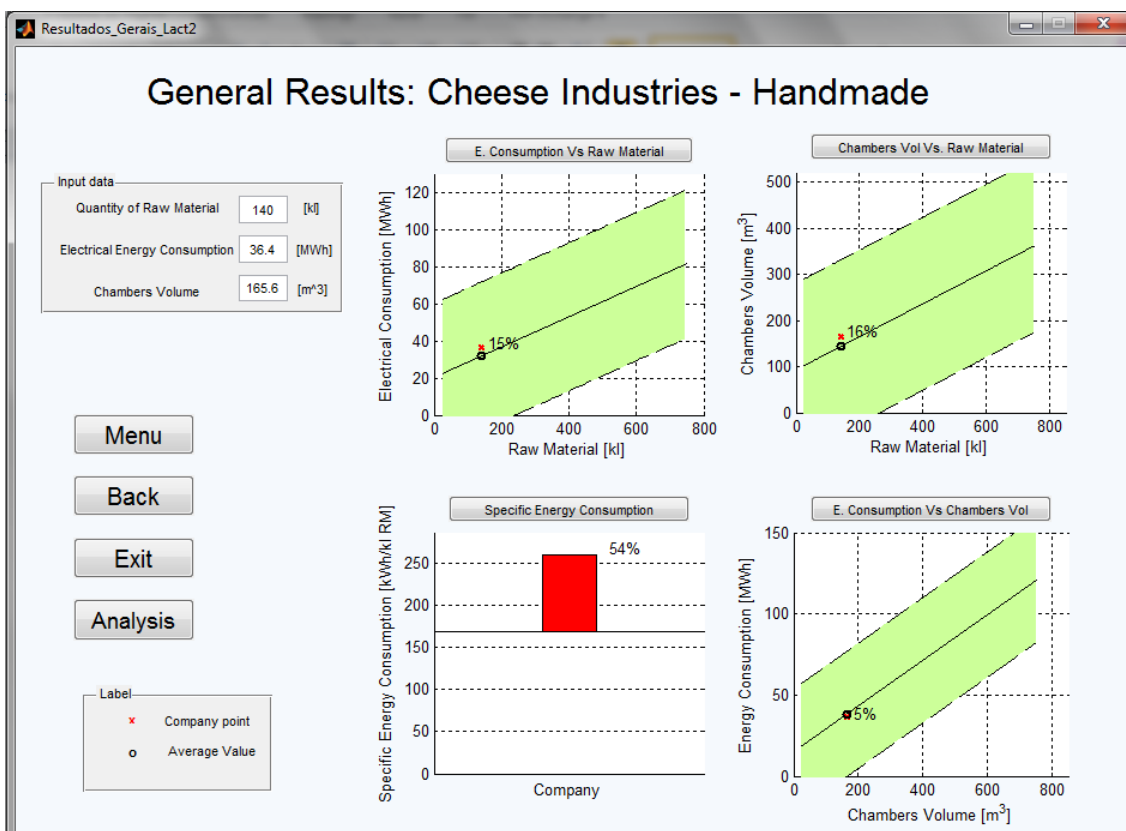



Figura 17 - Janela de resultados para o Caso 2 em estudo da fileira dos lacticínios.

Relatorio_carnes

Relatório de desempenho

O volume das câmaras de refrigeração está sobredimensionado 212% em relação à quantidade de matéria prima processada anualmente.
Face ao volume das câmaras instalado e à quantidade de materia prima processada, a sua empresa tem um consumo de energia exagerado.
A potência nominal dos compressores instalados é ideal para o volume das câmaras de refrigeração.

A empresa consome 74% de energia a mais do que o espectável, tendo gastos desnecessários do ponto de vista energético.
Possíveis sugestões:

São muito diversos os fatores que podem ser responsáveis pelo consumo exagerado de energia de certas empresas nesta área, tendo a maioria origem ainda na fase de projecto. Porém verifique e reveja
- Sistema de controlo das ventoinhas do evaporador;

- Sistema de controlo dos compressores;

- Possíveis infiltrações (calafetação da porta);

- Iluminação dentro da câmara desnecessária (fonte de calor);

- Definições do ajuste da temperatura (a alteração de 1ºC pode levar a poupanças significativas);

- Isolamento da câmara e do circuito de refrigeração.

Documento criado em: 06-Jan-2015

Figura 18 - Janela do relatório de desempenho energético para o Caso 2 em estudo da fileira dos lacticínios.

4.4. Fileira dos hortofrutícolas

Na fileira dos hortofrutícolas são analisadas duas empresas:

- No Caso 1 – uma central de frutas;
- No Caso 2 – um posto de revenda.

Os dados referentes a estas duas empresas encontram-se na Tabela 6.

Tabela 6 - Dados referentes às empresas em estudo da fileira dos hortofrutícolas.

Caso de estudo	Matéria-prima [ton/ano]	Consumo elétrico [MWh/ano]	Volume das câmaras [m^3]
1	1361.0	265.4	5110.0
2	1540.0	19.6	475.0

Após inserir os dados na ferramenta computacional é gerada uma janela de resultados e outra com o relatório de desempenho energético, para os diferentes casos em estudo.

4.4.1. Caso 1

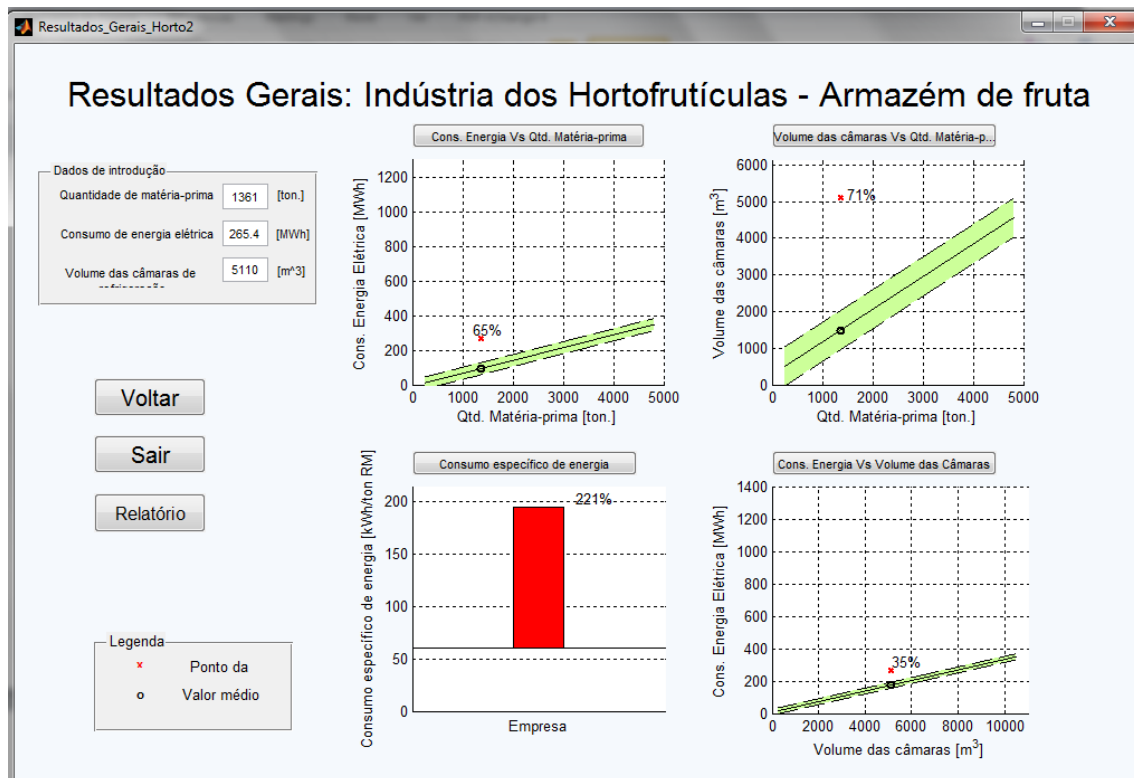



Figura 19 - Janela de resultados para o Caso 1 em estudo da fileira dos hortofrutícolas.

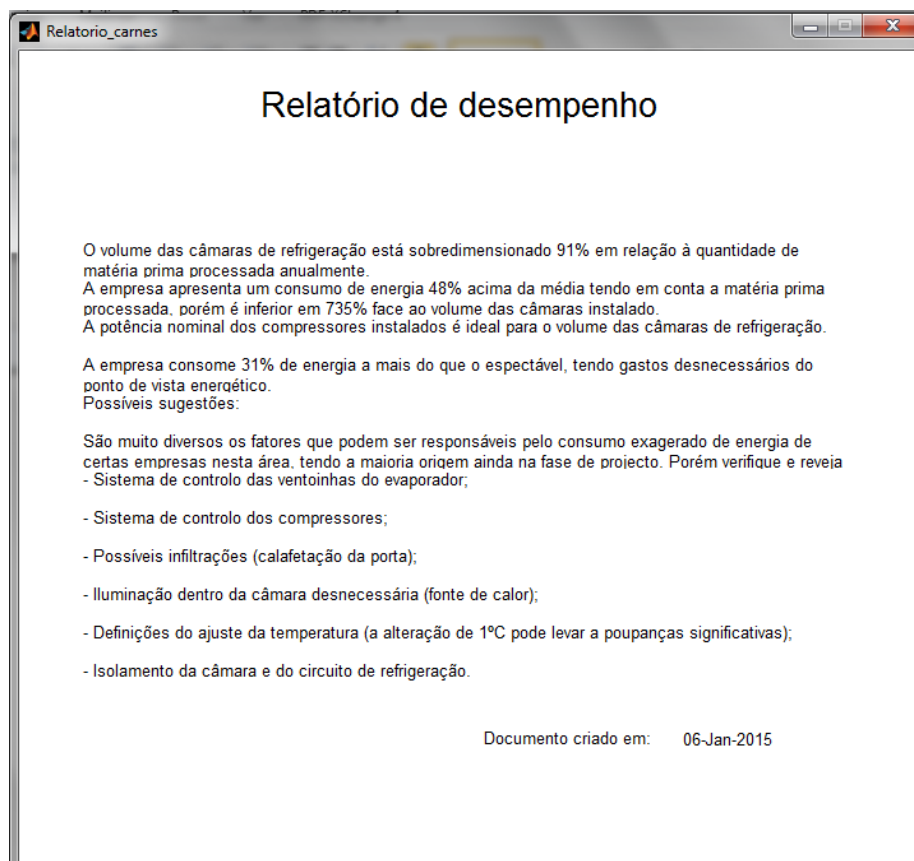



Figura 20 - Janela do relatório de desempenho energético para o Caso 1 em estudo da fileira dos hortofrutícolas.

4.4.2. Caso 2

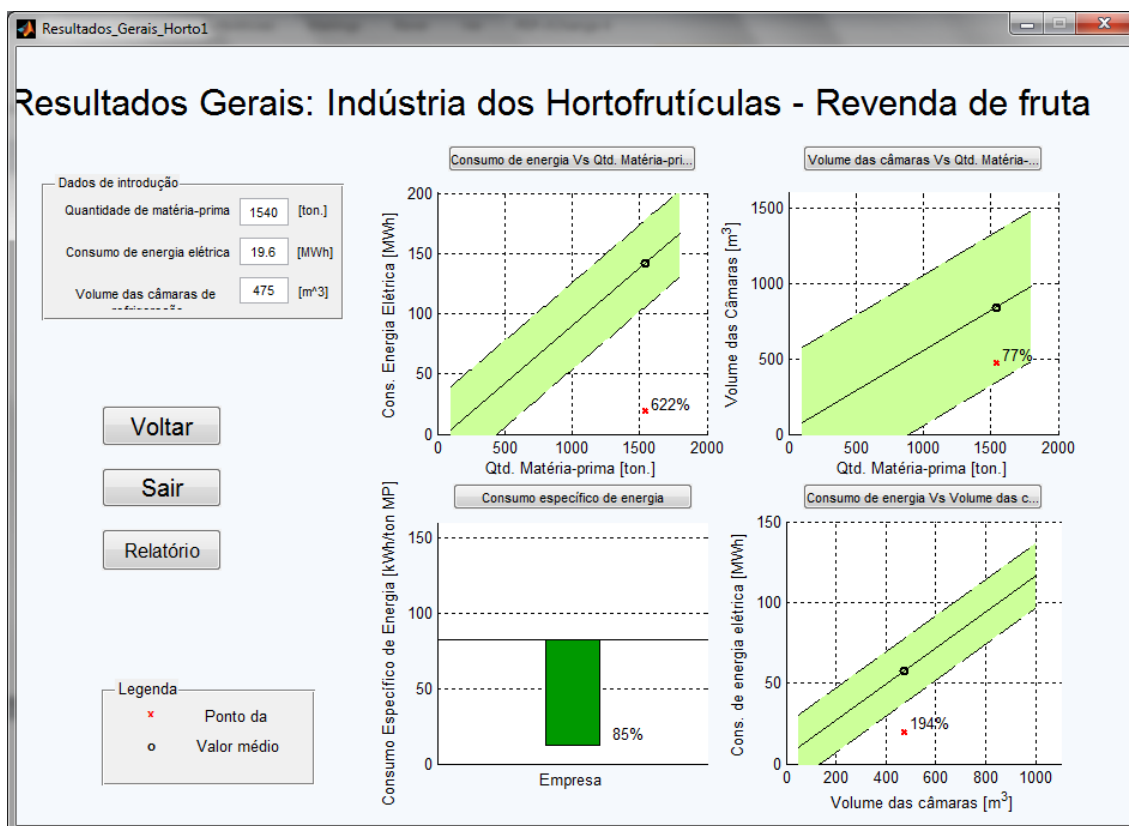



Figura 21 - Janela de resultados para o Caso 2 em estudo da fileira dos hortofrutícolas.

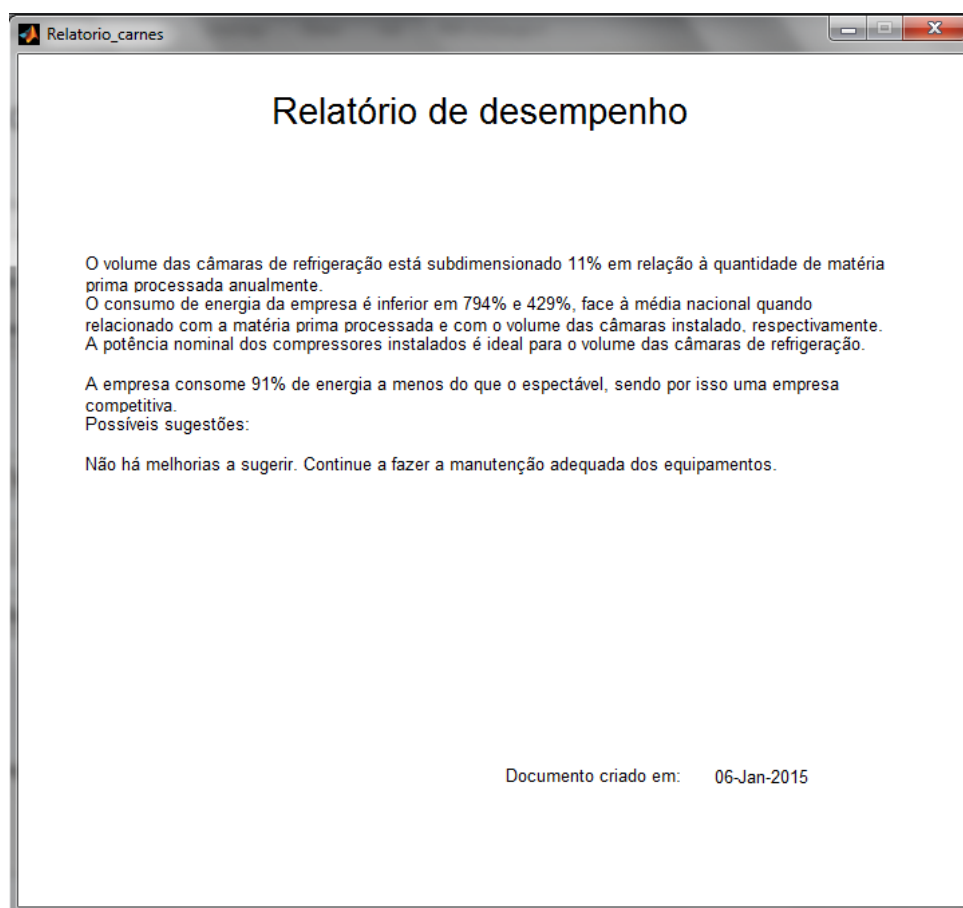



Figura 22 - Janela do relatório de desempenho energético para o Caso 2 em estudo da fileira dos hortofrutícolas.

4.5. Fileira do vinho

Na fileira do vinho são analisadas duas empresas. Os dados referentes a estas duas empresas encontram-se na Tabela 7.

Tabela 7 - Dados referentes às empresas em estudo da fileira do vinho.

Caso de estudo	Matéria-prima [ton/ano]	Consumo elétrico [MWh/ano]	Volume das cubas [m^3]
1	6635.7	867.1	2164.0
2	2570.0	230.3	1383.0

Após inserir os dados na ferramenta computacional é gerada uma janela de resultados e outra com o relatório de desempenho energético, para os diferentes casos em estudo.

4.5.1. Caso 1

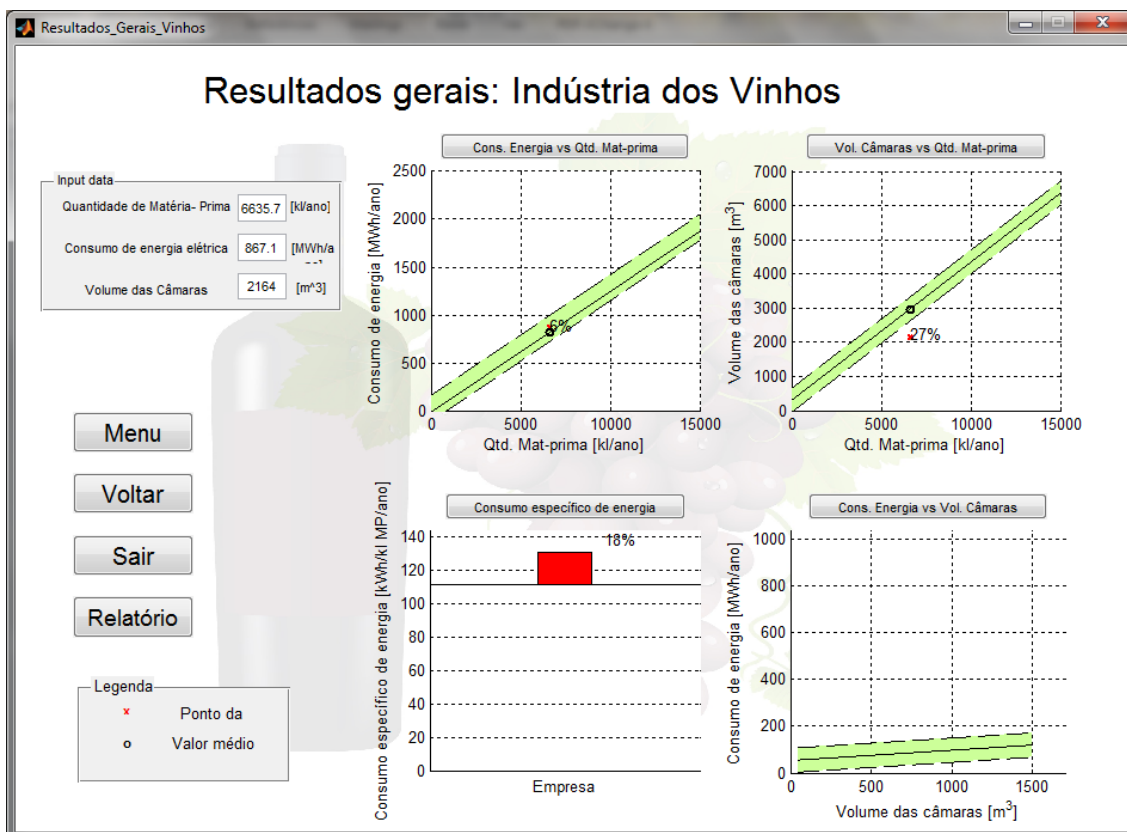



Figura 23 - Janela de resultados para o Caso 1 em estudo da fileira do vinho.

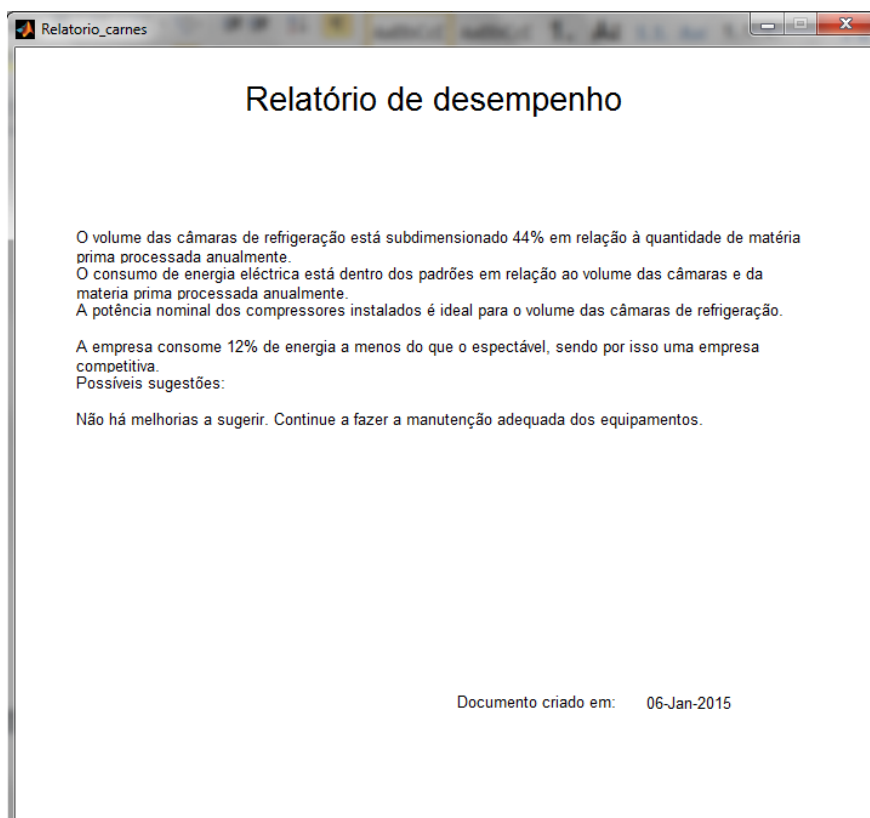



Figura 24 - Janela do relatório de desempenho energético para o Caso 1 em estudo da fileira do vinho.

4.5.2. Caso 2

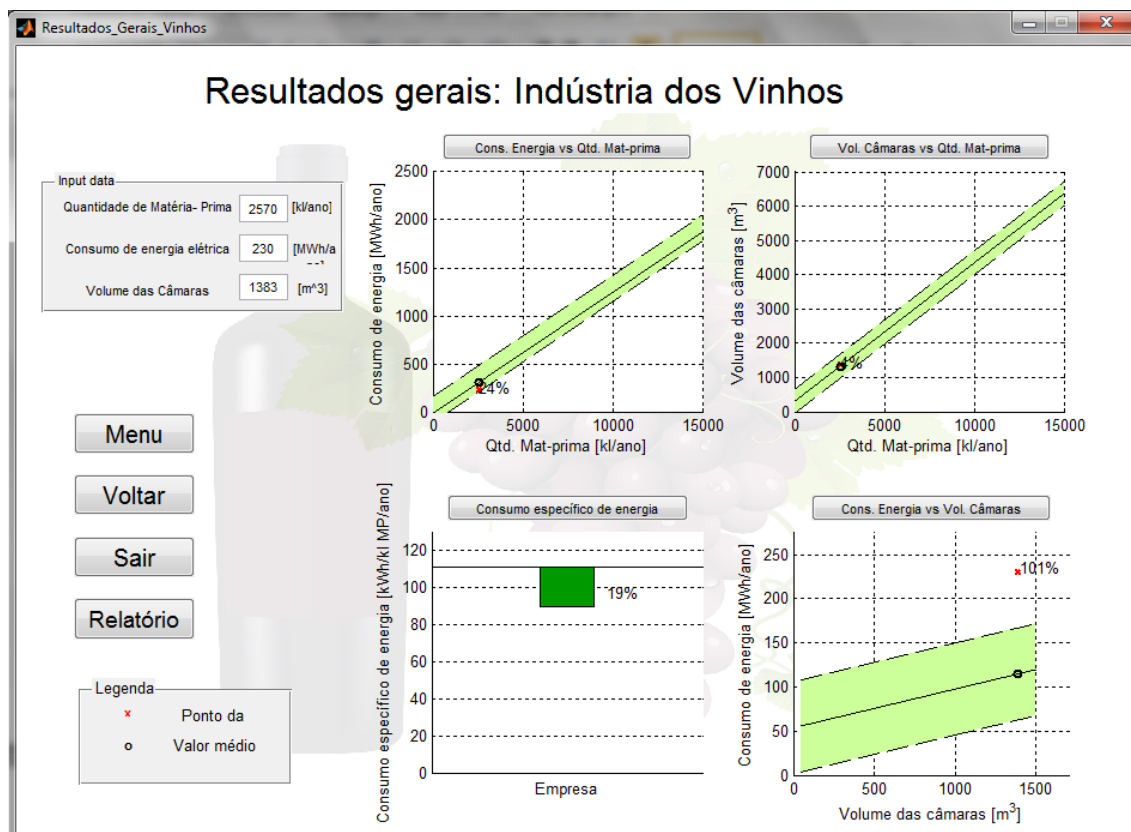



Figura 25 - Janela de resultados para o Caso 2 em estudo da fileira do vinho.

Relatorio_carnes

Relatório de desempenho

O volume das câmaras de refrigeração está sobredimensionado 24% em relação à quantidade de matéria prima processada anualmente.
O consumo de energia da empresa é inferior em 68% e 125%, face à média nacional quando relacionado com a matéria prima processada e com o volume das câmaras instalado, respectivamente.
A potência nominal dos compressores instalados é ideal para o volume das câmaras de refrigeração.

A empresa consome 40% de energia a menos do que o espectável, sendo por isso uma empresa competitiva.
Possíveis sugestões:

Não há melhorias a sugerir. Continue a fazer a manutenção adequada dos equipamentos.

Documento criado em: 06-Jan-2015

Figura 26 - Janela do relatório de desempenho energético para o Caso 2 em estudo da fileira do vinho.

4.6. Fileira da distribuição

Na fileira da distribuição são analisadas duas empresas. Os dados referentes a estas duas empresas encontram-se na Tabela 6.

Tabela 8 - Dados referentes às empresas estudadas da fileira da distribuição.

Caso de estudo	Matéria-prima [ton/ano]	Consumo elétrico [MWh/ano]	Volume das câmaras [m^3]
1	350.0	50.2	392.0
2	4374.1	799.4	1823.9

Após inserir os dados na ferramenta computacional é gerada uma janela de resultados e outra com o relatório de desempenho energético, para os diferentes casos em estudo.

4.6.1. Caso 1

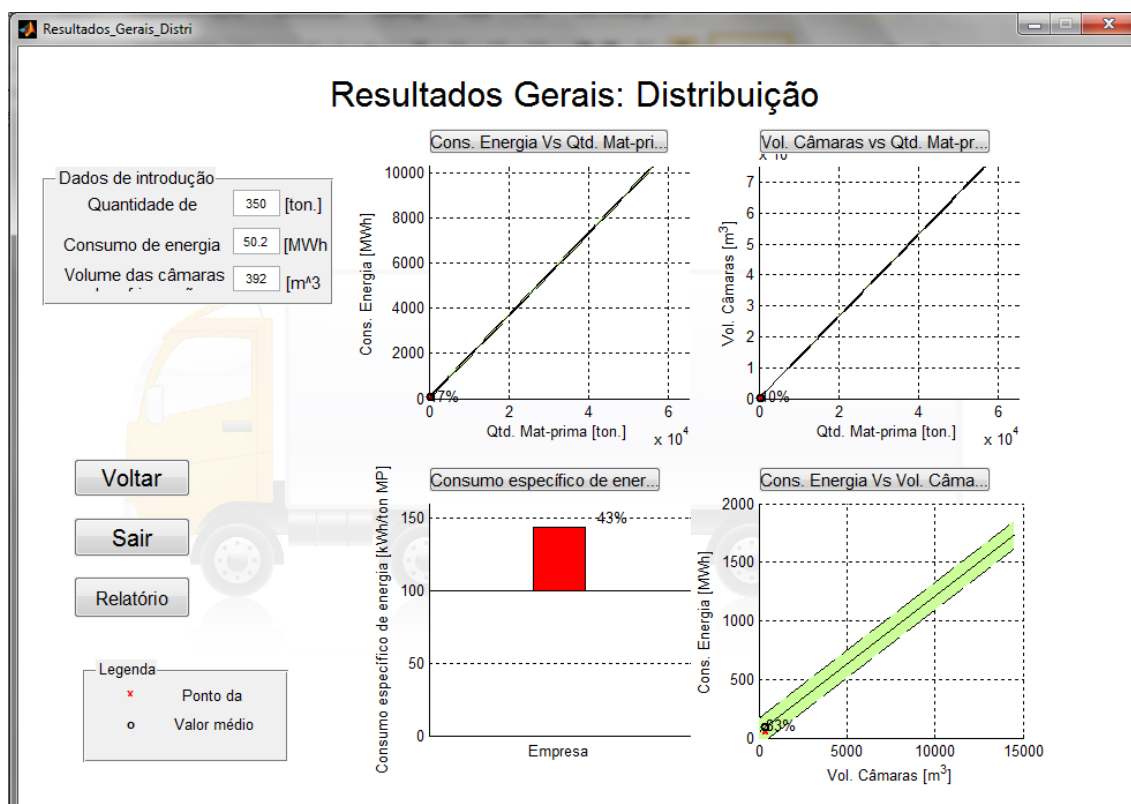



Figura 27 - Janela de resultados para o Caso 1 em estudo da fileira da distribuição.

Figura 28 - Janela do relatório de desempenho energético para o Caso 1 em estudo da fileira da distribuição.

4.6.2. Caso 2

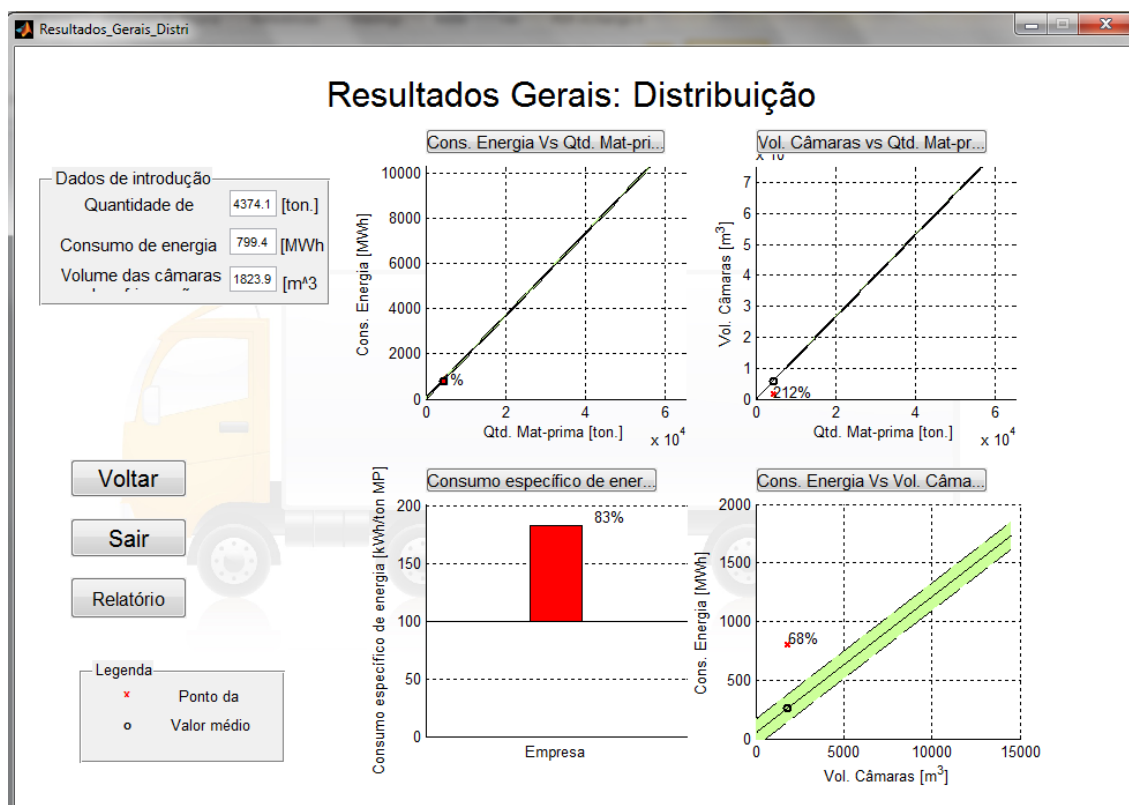



Figura 29 - Janela de resultados para o Caso 2 em estudo da fileira da distribuição.

Relatorio_carnes

Relatório de desempenho

O volume das câmaras de refrigeração está subdimensionado 8% em relação à quantidade de matéria prima processada anualmente.
Face ao volume das câmaras instalado e à quantidade de materia prima processada, a sua empresa tem um consumo de energia exagerado.
A potência nominal dos compressores instalados é ideal para o volume das câmaras de refrigeração.

A empresa consome 23% de energia a mais do que o espectável, tendo gastos desnecessários do ponto de vista energético.
Possíveis sugestões:

São muito diversos os fatores que podem ser responsáveis pelo consumo exagerado de energia de certas empresas nesta área, tendo a maioria origem ainda na fase de projecto. Porém verifique e reveja
- Sistema de controlo das ventoinhas do evaporador;

- Sistema de controlo dos compressores;

- Possíveis infiltrações (calafetação da porta);

- Iluminação dentro da câmara desnecessária (fonte de calor);

- Definições do ajuste da temperatura (a alteração de 1ºC pode levar a poupanças significativas);

- Isolamento da câmara e do circuito de refrigeração.

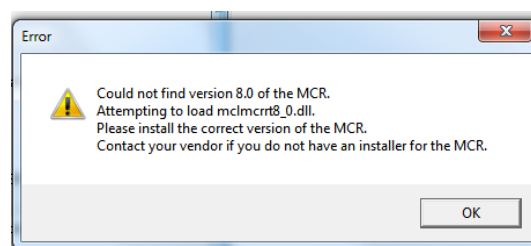
Documento criado em: 06-Jan-2015

Figura 30 - Janela do relatório de desempenho energético para o Caso 2 em estudo da fileira da distribuição.

5. Notas de instalação

A ferramenta computacional foi programada no GUIDE (Graphical User Interface Development Environment) do MATLAB destinada ao desenvolvimento de aplicações de interface gráfica que contém um conjunto de janelas contendo distintos componentes, que permitem a execução de tarefas interativas, de modo um modo simples e expedito, por parte do utilizador.

Para possibilitar a utilização da ferramenta computacional em qualquer computador pessoal, independentemente do sistema operativo, o MATLAB Compiler™ foi utilizado para gerar uma aplicação autónoma da ferramenta computacional com estas características.

Caso exista algum erro durante o arranque da ferramenta computacional, provavelmente esse erro estará associado à versão do compilador MATLAB Compiler Runtime (MCR):

Recomenda-se que aceda ao link abaixo para efetuar o download e instalar o MCR:

http://www.mathworks.com/products/compiler/mcr/index.html?s_tid=gn_loc_drop

Clique na versão R2012b (8.0) para o sistema operativo que está a utilizar. (Estas informações podem ser encontradas no arquivo readme.txt que acompanha a aplicação ou componente).

Guarde o ficheiro instalador MCR no computador em que vai executar a ferramenta computacional.

Clique duas vezes no instalador MCR e siga as instruções do assistente de instalação.

Consulte a documentação do MCR Installer (http://www.mathworks.com/help/compiler/working-with-the-mcr.html) para obter mais informações .

A versão do MATLAB Compiler Runtime está vinculado à versão do MATLAB.

6. Bibliografia

Para saber mais acerca da ferramenta computacional *Cool-OP*, consulte os seguintes documentos:

- Santos, R., Nunes, J., Silva, P. D., Gaspar, P. D., & Andrade, L. P. (2012). Ferramenta computacional de análise e simulação do desempenho de unidades de conservação de carne através de frio industrial. In Proceedings of the VI Congreso Ibérico y VI Congreso Iberoamericano de Ciencias y Técnicas del Frio, Madrid, Spain, 24 October 2012;
- Santos, R., Nunes, J., Silva, P. D., Gaspar, P. D., & Andrade, L. P. (2013). Computational tool for the analysis and simulation of cold room performance in pershiable products industry. In Proceedings of the 2nd IIR International Conference on Sustainability and the Cold Chain, Paris, France, 2-4 April 2013;
- Neves, D., Gaspar, P. D., Silva, P. D., Nunes, J., & Andrade, L. P. (2014). Computational tool for the energy performance assessment of horticultural industries – Case study of industries in the centre inner region of Portugal. In Proceedings of the 14th International Conference on Computational Science and Its Applications, Guimarães, Portugal, 30 June - 3 July 2014;
- Nunes, J., Neves, D., Gaspar, P. D., Silva, P. D., & Andrade, L. P. (2014). Predictive tool of energy performance of cold storage in agrifood industries: The Portuguese case study. *Energy Conversion and Management*, 88, 758-767.